

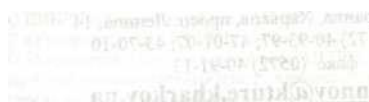
## **СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ**

**по материалам 1-го Международного радиоэлектронного Форума  
«ПРИКЛАДНАЯ РАДИОЭЛЕКТРОНИКА. СОСТОЯНИЕ И  
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ»**

**МРФ-2002**

**Часть 2**

**8-10 октября 2002 г. Харьков, Украина**



**Харьков 2002**

# ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СПУТНИКОВЫХ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

К.В.Колесник, Ю.П.Литус, д.т.н. В.В.Пискорж

ОАО Научно-исследовательский институт радиотехнических измерений

The features of construction of the modern satellite telemetry systems are considered with the purpose of definition of their perfecting main directions.

В настоящее время при решении ряда практических задач в различных сферах деятельности человека все большее значение приобретают вопросы прогнозирования процессов, происходящих в ближнем космосе и в околоземном пространстве, дальнейшего совершенствования средств коммуникации и ряд других вопросов, которые могут быть решены с использованием различных целевых спутниковых систем.

С другой стороны, дальнейшее развитие космических технологий и средств вычислительной техники, используемых для их реализации, позволяют при создании спутниковых систем получать качественно новые характеристики всего космического аппарата в целом.

В этих условиях значительно возрастают требования к основным техническим и эксплуатационным характеристикам всех служебных и обеспечивающих систем спутников.

Бортовая телеметрическая система спутника предназначена для сбора, обработки и представления в бортовой центральный вычислительный комплекс спутника телеметрической информации о состоянии всех систем спутника и цифровых массивов  $m$  аппаратуры полезной нагрузки - так называются целевые системы спутника, не связанные напрямую с задачами обеспечения полета космического аппарата. Полученная информация из бортового центрального вычислительного комплекса спутника передается по каналам связи в наземную станцию управления

Комплексный анализ полученной информации позволяет, как проводить оценку тактико-технических характеристик служебных систем спутника, так и получать необходимую техническую и научную информацию от аппаратуры полезной нагрузки. Причем одной из особенностей телеметрических систем современных спутников является возрастание доли информации полезной нагрузки в телеметрическом кадре информации.

Следующей особенностью для телеметрических систем современных спутников можно назвать возрастание требований к ее массогабаритным показателям, что связано с тенденцией создания малых и сверхмалых спутников. Такие космические аппараты могут выводиться на орбиту Земли группами или как сопутствующий груз при запуске крупных изделий, что значительно снижает стоимость получаемой информации.

Использование информации, получаемой от телеметрической системы спутника, в

контуре его управления, налагает повышенные требования к обеспечению надежности работы всех элементов спутниковой телеметрической системы. Эта особенность также должна учитываться при проектировании современных спутниковых телеметрических систем.

Учитывая, что в последнее время существует большой практический интерес к возможности получения разноплановой информации от одного спутника, актуальным является реализация многозадачных структур в малых объемах. Спутниковая телеметрическая система должна обеспечивать возможность функционирования подобных структур и оптимально использовать их возможности, создавая через единый для спутника бортовой центральный вычислительный комплекс общую информационную сеть космического аппарата. Эта особенность требует от бортовой телеметрической системы спутника гибкости по отношению к разноплановым информационным потокам. При этом необходимо обеспечить как независимость и автономность работы целевых систем спутника, так и исключение нежелательного параллелизма и дублирования выполняемых задач.

Принимая во внимание тот факт, что время активного существования современных спутников возросло, а также учитывая динамику процессов, которые они регистрируют, современная спутниковая телеметрическая система должна позволять работать с несколькими программами телеметрических измерений. При этом необходимо не только иметь широкий спектр статических программ телеметрических измерений, которые можно инициализировать путем передачи с наземной станции управления полетом соответствующей команды управления в бортовой центральный вычислительный комплекс спутника, но и иметь возможность регенерации и загрузки новых программ телеметрических измерений, необходимость в которых возникла после запуска спутника.

Кроме того, современные спутники должны иметь возможность работы в комплексных интернациональных программах научных исследований, взаимодействуя с наземными станциями космических исследовательских центров ведущих стран мирового сообщества. Это возможно только при использовании общепринятых стандартов CCSDS, которые являются продуктом совместного анализа и исследований в области информационного взаимодействия с космической отрасли авторитетных представительств большинства ведущих мировых космических агентств, таких как, NASA (США), NASDA (Япония), ESA (Барона), ROSCOSMOS (Россия), DLR (Германия), CNES (Франция), BNSC (Великобритания), DSCC (Канада), CAST (Китай), INPE (Бразилия) и др.

С учетом задачи интеграции в мировое космическое сообщество и выхода на международный рынок космических услуг ориентация на использование международных стандартов для космической отрасли Украины чрезвычайно актуальна.

Таким образом, важным направлением совершенствования спутниковых телеметрических систем является обеспечение совместимости формируемого ею информационного потока с технологиями, оговариваемыми международными стандартами.

CCSDS разработал серию документов в части протоколов и структур "Пакетной телемеханики", которые позволяют пересылать телеметрическую информацию, формируемую на борту КА, эффективно, с использованием неких единиц данных переменной длины, названных Исходными Пакетами (Source Packet). Исходные пакеты, генерируемые на борту КА различными приборами и служебными и целевыми системами, истинно вею тем и с данными стандартами передаются на землю в потоке непрерывно следующих друг за другом Транспортных Кадров (Transfer Frame).

Спутниковая телеметрическая система формирует данные, структура и частота обновления которых может различаться в зависимости от заданного режима ее работы. Для обеспечения совместимости с концепцией CCSDS эти данные должны быть представлены в виде Исходных Пакетов.

Исходный Пакет генерируется бортовым прикладным процессом (к нашему случаю спутниковой телеметрической системой) таким способом, чтобы это отвечало нуждам этого процесса (с фиксированным или переменным интервалом и фиксированной или переменной длиной).

Помимо спутниковых телеметрических систем, множество других прикладных систем на борту КА могут генерировать Исходные Пакеты переменной длины с различной частотой обновления, которые затем собираются вместе в синхронный поток Транспортных Кадров, имеющих фиксированную длину и подвергнутых кодированию для надежной передачи на землю.

), 2002 Транспортный Кадр - это структура данных, обеспечивающая некую оболочку (конверт) для передачи пакетированных данных через шумящий канал "Борт-Земля".

Задача мультиплексирования данных от разных источников в одном физическом канале решается методом т.н. Виртуальной Канализации, механизма, который позволяет различным источникам данных, генерирующим пакеты, иметь "виртуальный" исключительный доступ к физическому каналу путем предоставления этому источнику передающей емкости, основанной на чередовании пакетов (frame-by-frame). При этом каждый Транспортный Кадр идентифицируется, как принадлежащий одному из восьми Виртуальных Каналов.

На Земле информация, содержащаяся в заголовках Транспортного Кадра и Исходного Пакета, позволяет системе сбора данных выделить и обработать пакеты стандартным способом.

Учитывая рассмотренные особенности современных спутниковых телеметрических систем, можно определить основные направления их совершенствования. Для повышения эффективности использования информационного канала спутниковых телеметрических систем, повышения их массогабаритных показателей и показателей надежности, а также реализации многозадачных, гибких и универсальных систем современных спутников необходимо выполнение следующих требований:

- применение современной элементной базы при реализации различных функциональных узлов спутниковых телеметрических систем, в том числе микросхем высокой степени интеграции и программноорганизуемых структур на базе ПЛИС или ПИС-контроллеров;
- решение вопросов оптимализации структуры системы путем математического моделирования с использованием современных программных симуляторов;
- решение вопросов обеспечения надежности путем резервирования элементов и функциональных узлов системы с учетом исключения избыточности и оптимализации структурной схемы;
- комплексное решение вопросов общей структуры спутника с точки зрения функциональной законченности и оптимального взаимодействия всех его систем;
- гибкость программного обеспечения и возможность его обновления, как перед стартом, так и в процессе полета;
- универсальность и адаптивность программного обеспечения и возможность работы в стандарте CCSDS.УДК 621.37/.39

1-й Международный радиоэлектронный Форум «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития» МРФ-2002. Сборник научных трудов. Часть 2 - Харьков: АН ПРЭ, ХНУРЭ. 2002. - 656 с.

ISBN 966-659-038-7

В сборник включены материалы 1-го Международного радиоэлектронного Форума «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития» - МРФ-2002.

Издание подготовлено инновационно-маркетинговым отделом Харьковского  
национального университета радиоэлектроники (ХНУРЭ)

61166 Украина, Харьков, просп. Ленина, 14 тел.: (0572) 40-93-97; 47-01-07; 43-70-10  
факс: (0572) 40-91-13

**Б-таИ:** [innov@kture.kharkov.ua](mailto:innov@kture.kharkov.ua)

[akad@kture.kharkov.ua](mailto:akad@kture.kharkov.ua)

18ВН 966-659-038-7

\_\_\_\_\_ :

Академия наук прикладной  
радиоэлектроники (АН ПРЭ)  
Харьковский национальный университет  
радиоэлектроники (ХНУРЭ) 2002 г.